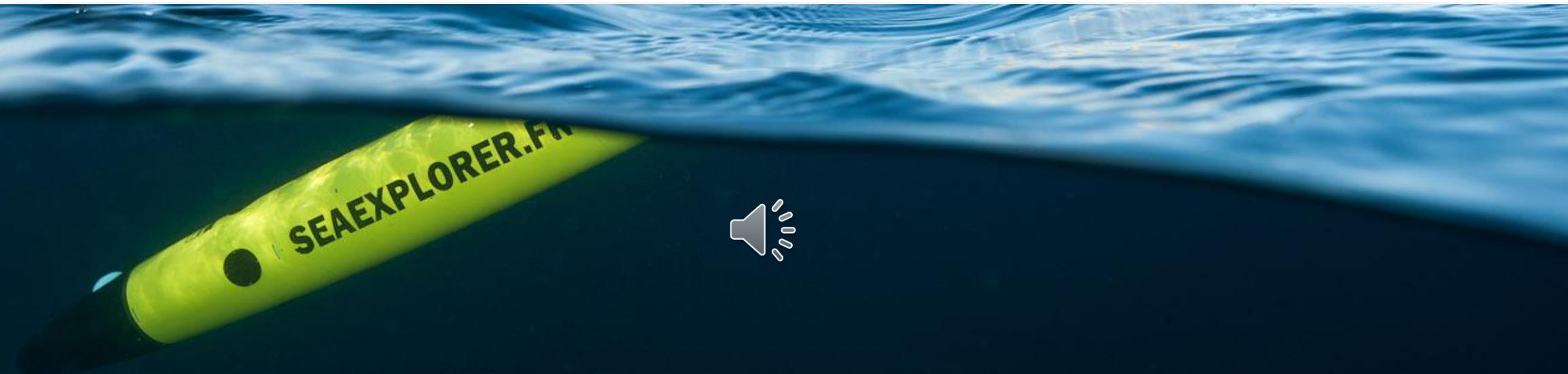
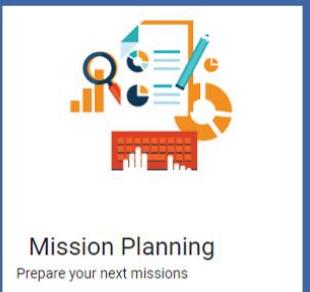


La prochaine génération de gliders pour l'acoustique passive (PAM)





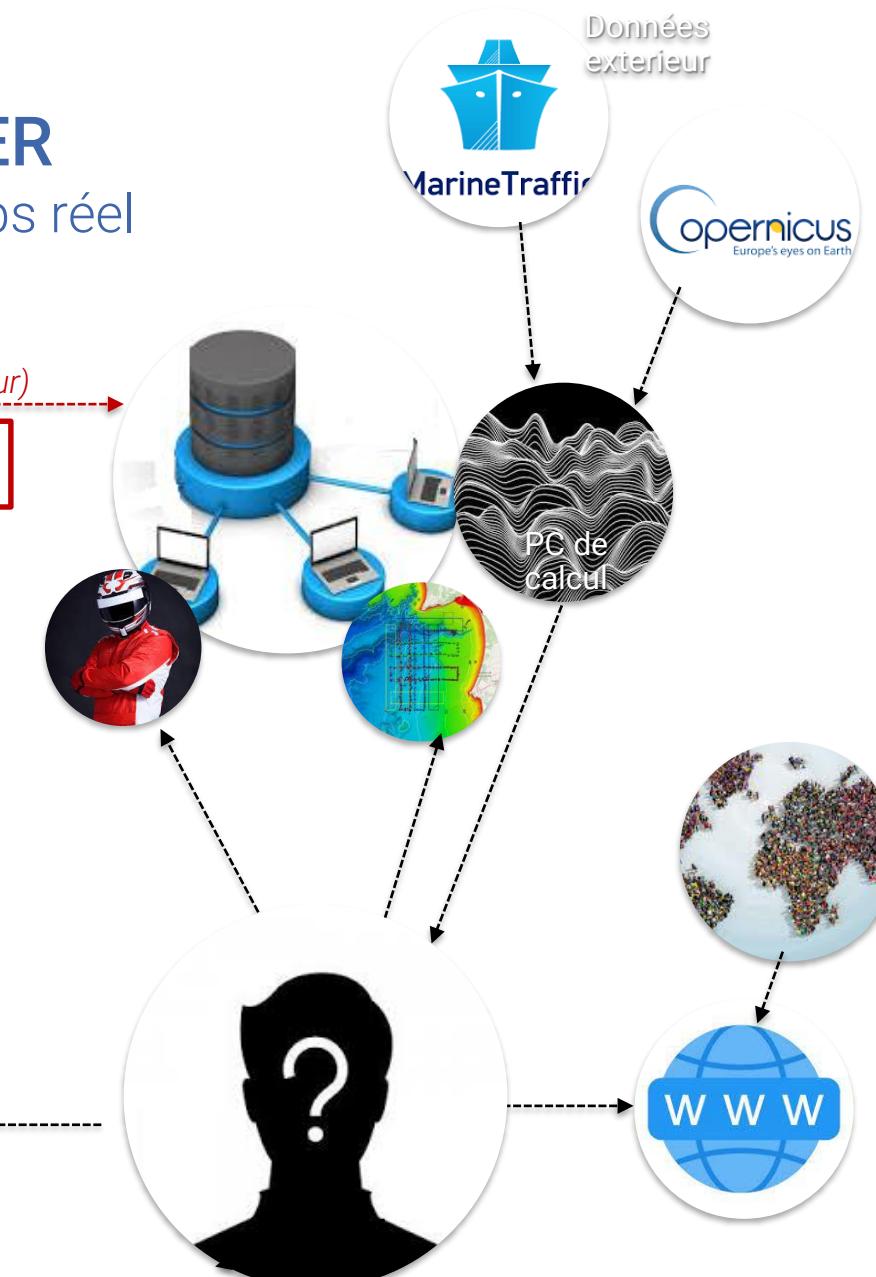
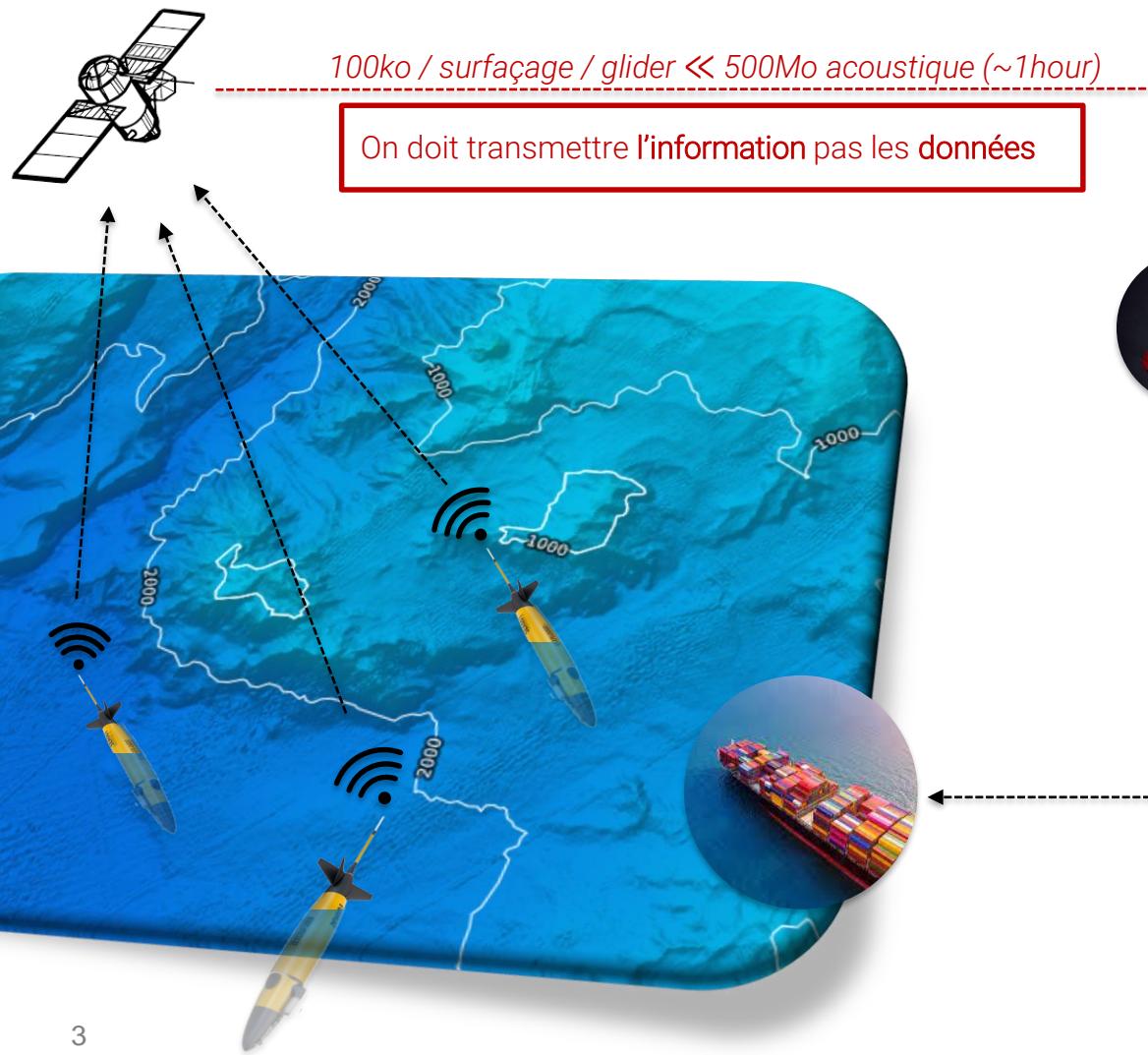
SOMMAIRE

- Architecture PAM embarqué / déporté
- **Acoustique sur SeaExplorer**
 - Missions PIAQUO
 - Nouvelle payload pour les scientifiques
- Nouveau mode de navigation: Backseat driver
- Outils pour la gestion de flotte



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Architecture système acoustique semi temps réel





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

EU LIFE PIAQUO



Réduire le bruit rayonné par les navires et **adapter en temps réel** des stratégies de mitigation en fonction des écosystèmes rencontrés





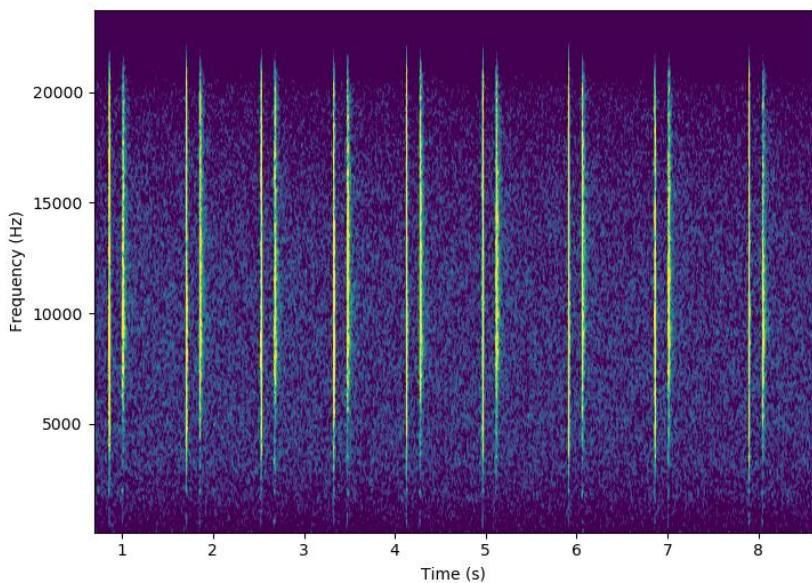
ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Détection embarqué

Sperm whale



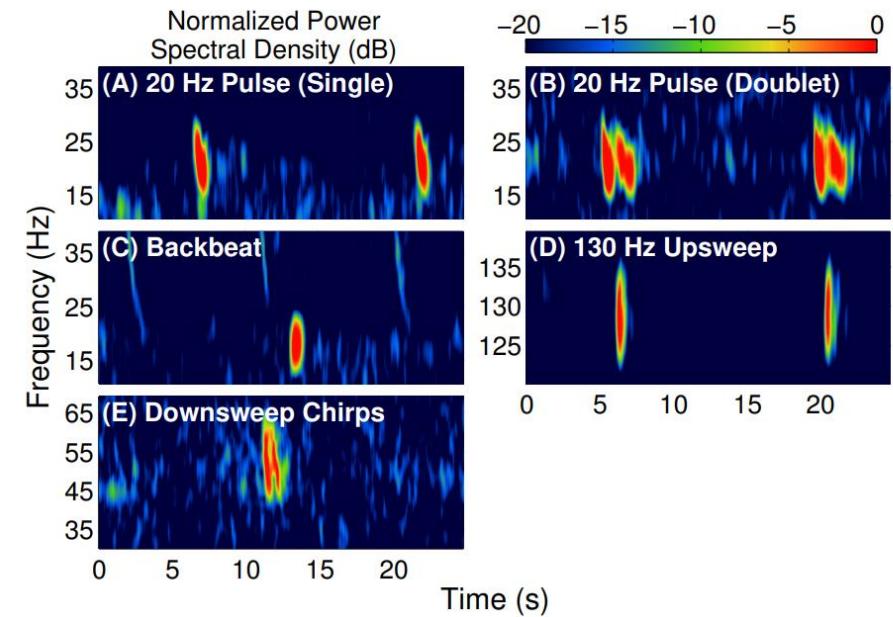
- Wideband clicks, max @ 8kHz, T = 5ms



Fin whale



- Very low frequency calls, 20Hz-Pulse





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Localisation déportée



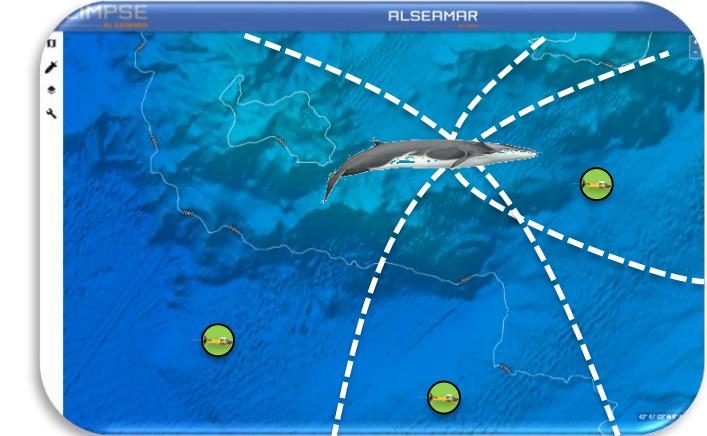
détection

Classe détectée | Temps d'arrivé | Direction d'arrivée

glider

Longitude | Latitude | Profondeur | Heading

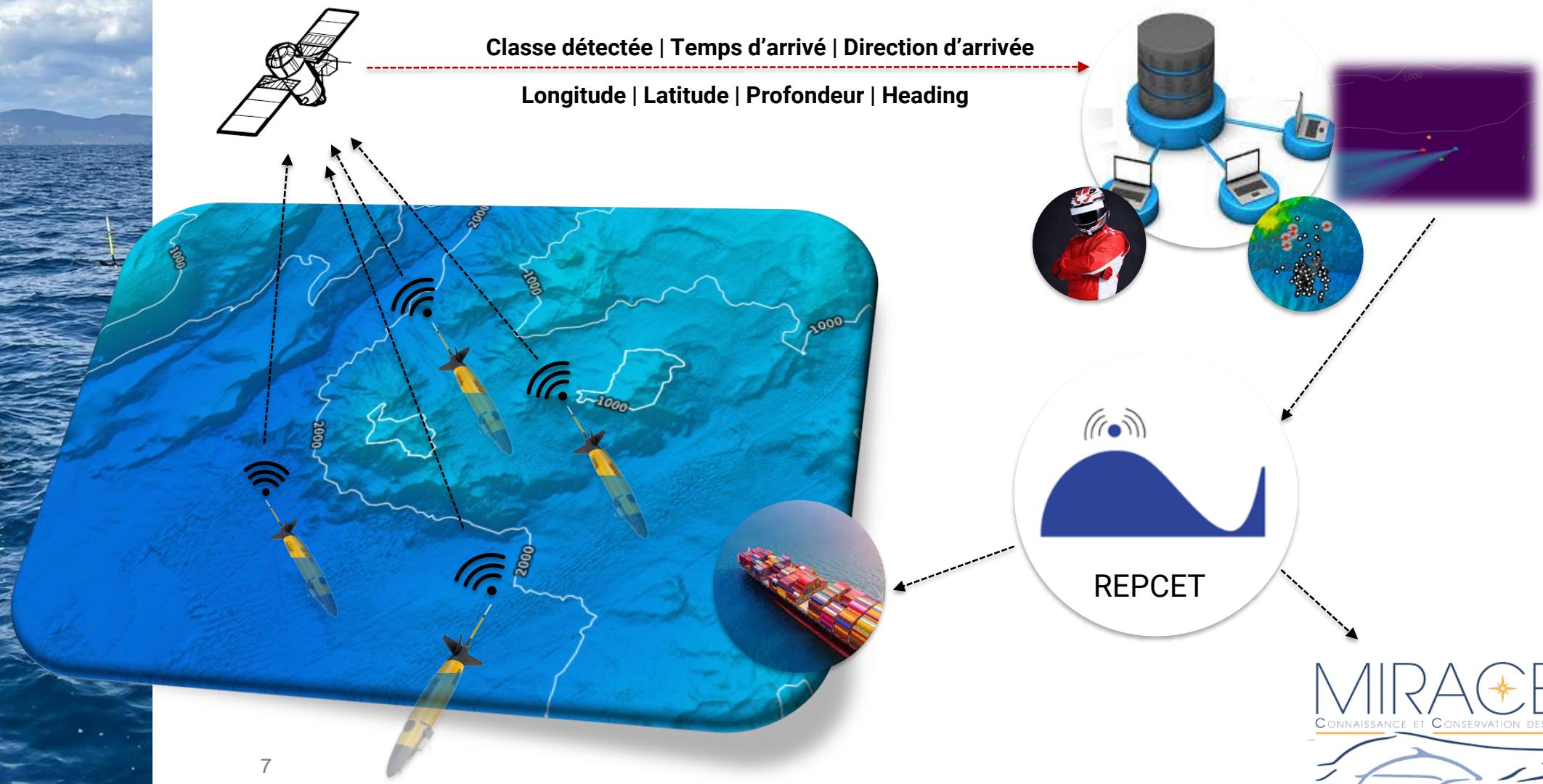
- Cachalots
 - Fusion des DoA multi glider
- Rorqual commun
 - Triangulation par TDoA utilisant le reseau de glider





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

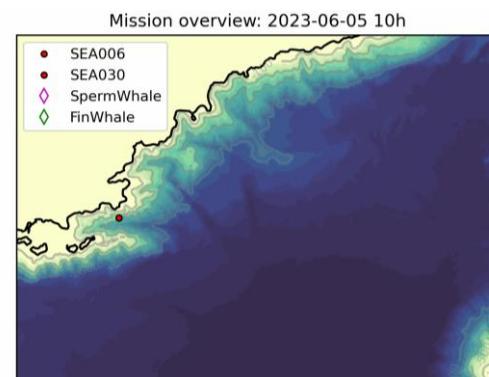
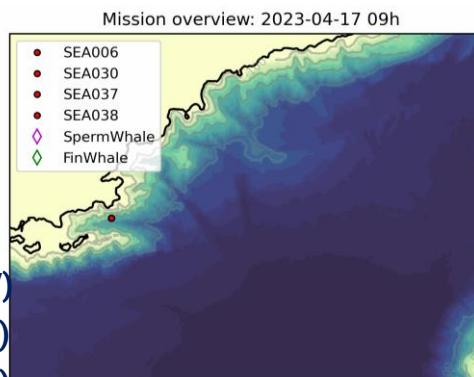
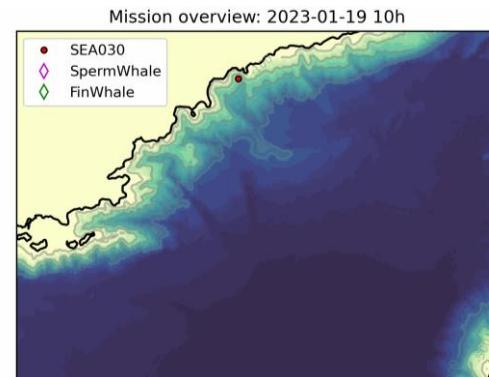
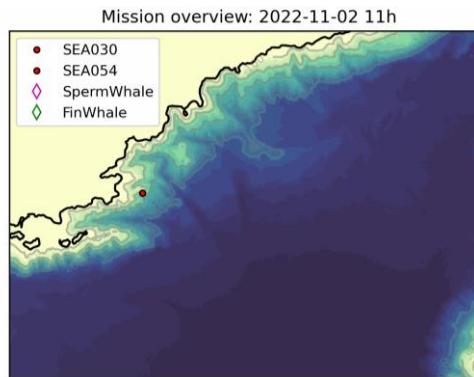
Architecture système PAM semi temps réel





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

- **2020-2021:**
 - Fab gliders
 - Dev embedded software
 - Dev server software
 - Data collection in PELAGOS sanctuary
 - 1 glider 04-08-2021
 - 1 glider 14-10-2021 -> 22-10-2021
 - Fleet test missions
 - 3 gliders 23-11-2021 -> 11-12-2021
 - **SEA040 has been lost at sea**
- **2022-2023:**
 - Software continuous development
 - Collaboration with REPCET / MIRACETI / Amélie
 - Operationnal missions :
 - 4 gliders 09-11-2022 -> 22-11-2023 (NOV)
 - 4 gliders 19-01-2023 -> 29-01-2023 (JAN)
 - 4 gliders 17-04-2023 -> 05-05-2023 (APR)
 - 4 gliders 05-06-2023 -> 29-06-2023 (JUN)



JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2022											
2023											



Layer



INOU SEA



Projet - AMBO

Projet - DEMO in-
ets la-Sainte-Baume

Projet - Fani Maoré

Parc naturel
régionalProjet - Narval
de la Sainte-
Baume

Projet - O&G

Projet - PIAQUO

Toulon

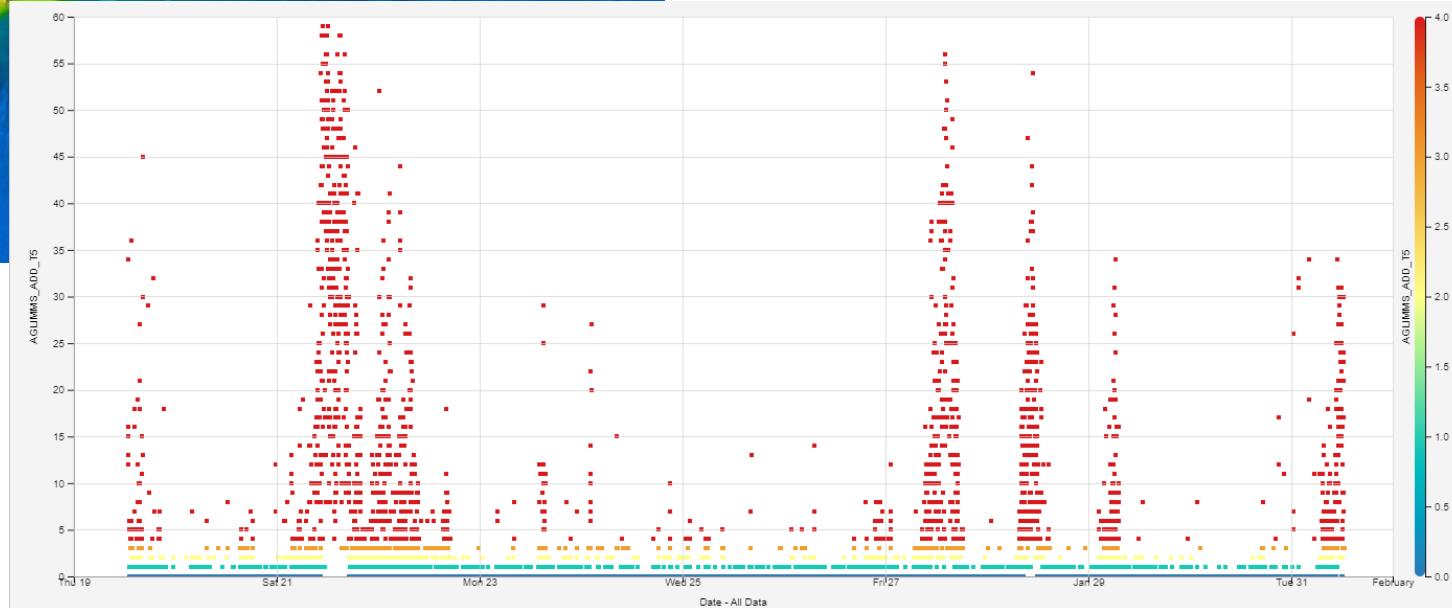
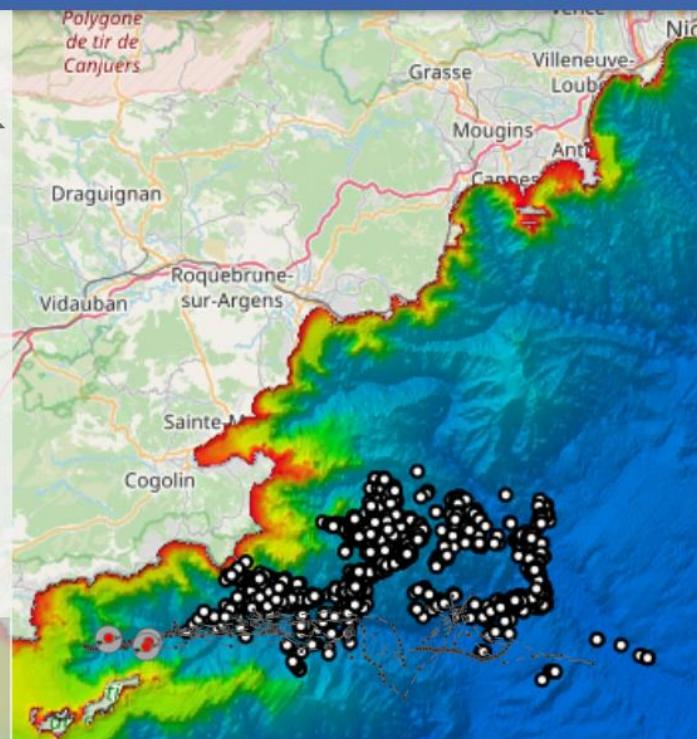
17/04/2023 - 24/04/2023

4 Gliders - 3km

4 Gliders - 5km

Avril 2023

Juin 2023





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

PIAQUO - Conclusion

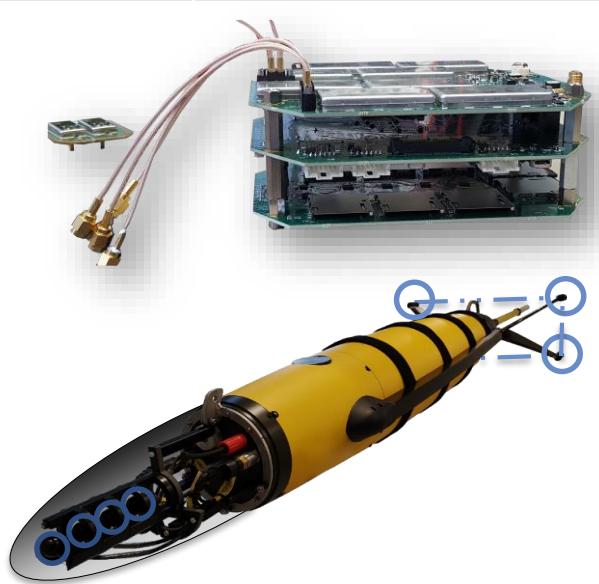
- Architecture embarqué / déporté opérationnelle
- Traitement en // d'un enregistrement avec presque 1 an d'acquisition continue
- Plusieurs 100aine de positions de MM en semi temps réel
- Navigation en flotte de gliders réussie

- Triangulation TDoA à besoin d'amélioration (dérive horloge, position précise sous l'eau, prise en compte de la propa, ...)
- Architecture complexe, nécessite expertise dans de nombreux domaines
- Traitement embarqué spécifique à l'application et limitation hardware
- Developpement embarqué long (transfert de code vers l'embarqué)



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

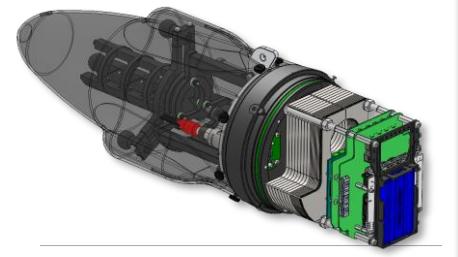
	PORPOISE	AGLIMMS	AURIS
Integration date	2015 (from TR product)	2017	2023
Type	Recorder	Recorder + processor	Recorder + processor
Fs	12kHz-384kHz	24kHz-192kHz	8kHz-192kHz (up to 785kHz)
Format	32bits	24bits	16, 24, 32bits
Global Sensitivity	-156 to -118 dB re. 1V/µPa	-157 or -132 dB re. 1V/µPa	-164 to -122 dB re. 1V/µPa
Phase/gain calibration	N/A	N/A	YES
Channels	x1	x8	x4 (<i>x8 channels in qualification</i>)
Programmable	non	Yes by ALSEAMAR	Yes by the costumer
Battery life (continuous recording)	2 months	1,5 month	1 month



CU pour scientifique

AURIS

2023
Recorder + processor
8kHz-192kHz (up to 785kHz)
16, 24, 32bits
-164 to -122 dB re. 1V/µPa
YES
x4 (<i>x8 channels in qualification</i>)
Yes by the costumer
1 month



ALSEAMAR
FICLEN



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Raison d'être de AURIS (*Acoustic Underwater Recorder and Intelligent System*)

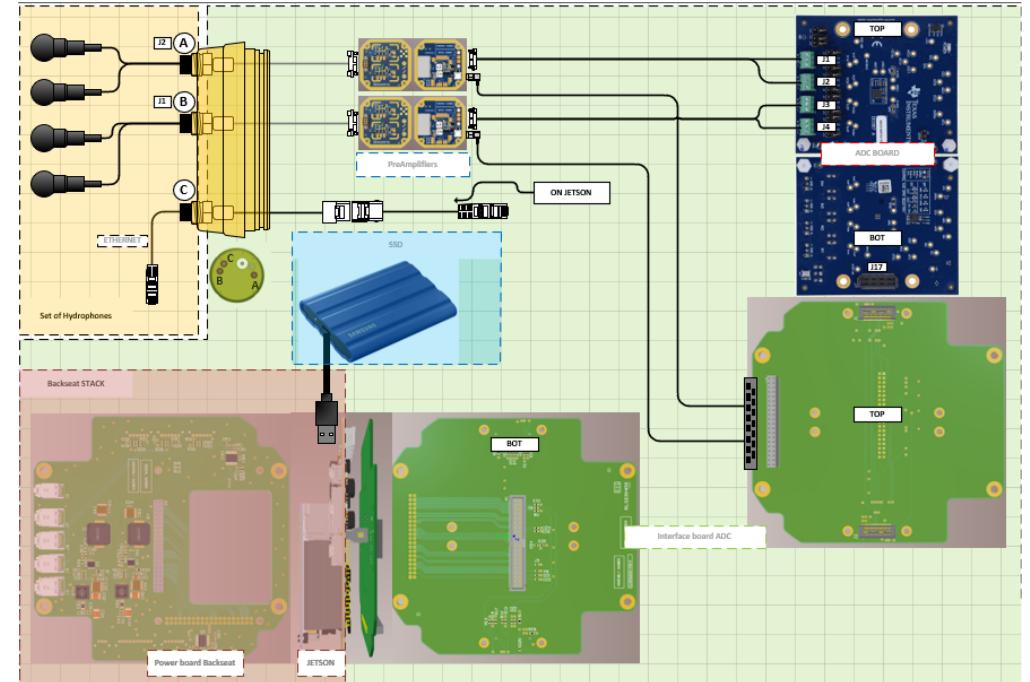
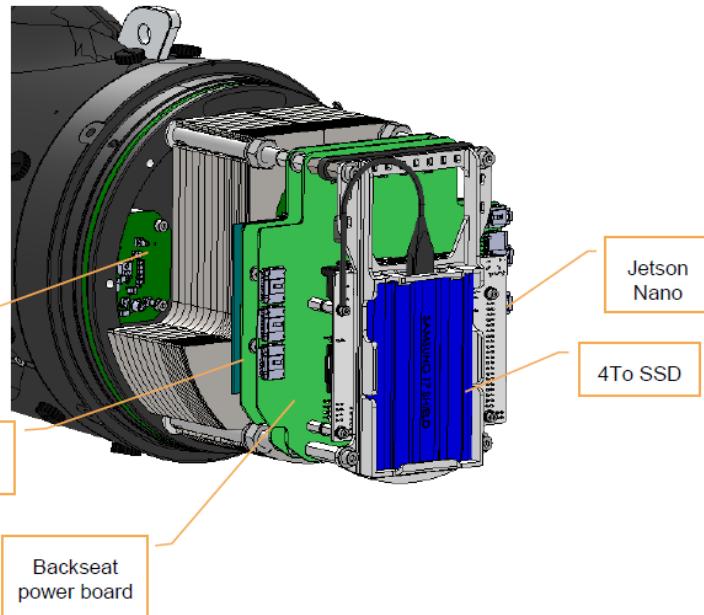
- Intégration soft de nouveaux capteurs **cher et longue**
- De + en + de besoins de traitement temps réel
- Sur payload « traditionnelle »
 - Implémentation **cher et longue** (pour nous & vous)
 - Implémentation par vous **impossible/difficile**
 - Souvent **spécifique** à une appli et/ou **propriétaire** à un client
 - Utilisateur qui ne veut pas partager l'algo avec Alseamar ?
- Pas de lien entre navigation et capteurs
 - **navigation autonome** pas implémenté
 - **Echantillonnage intelligent** impossible

Solution AURIS: Système « 100% » ouvert avec protocole NAV/CU



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

AURIS

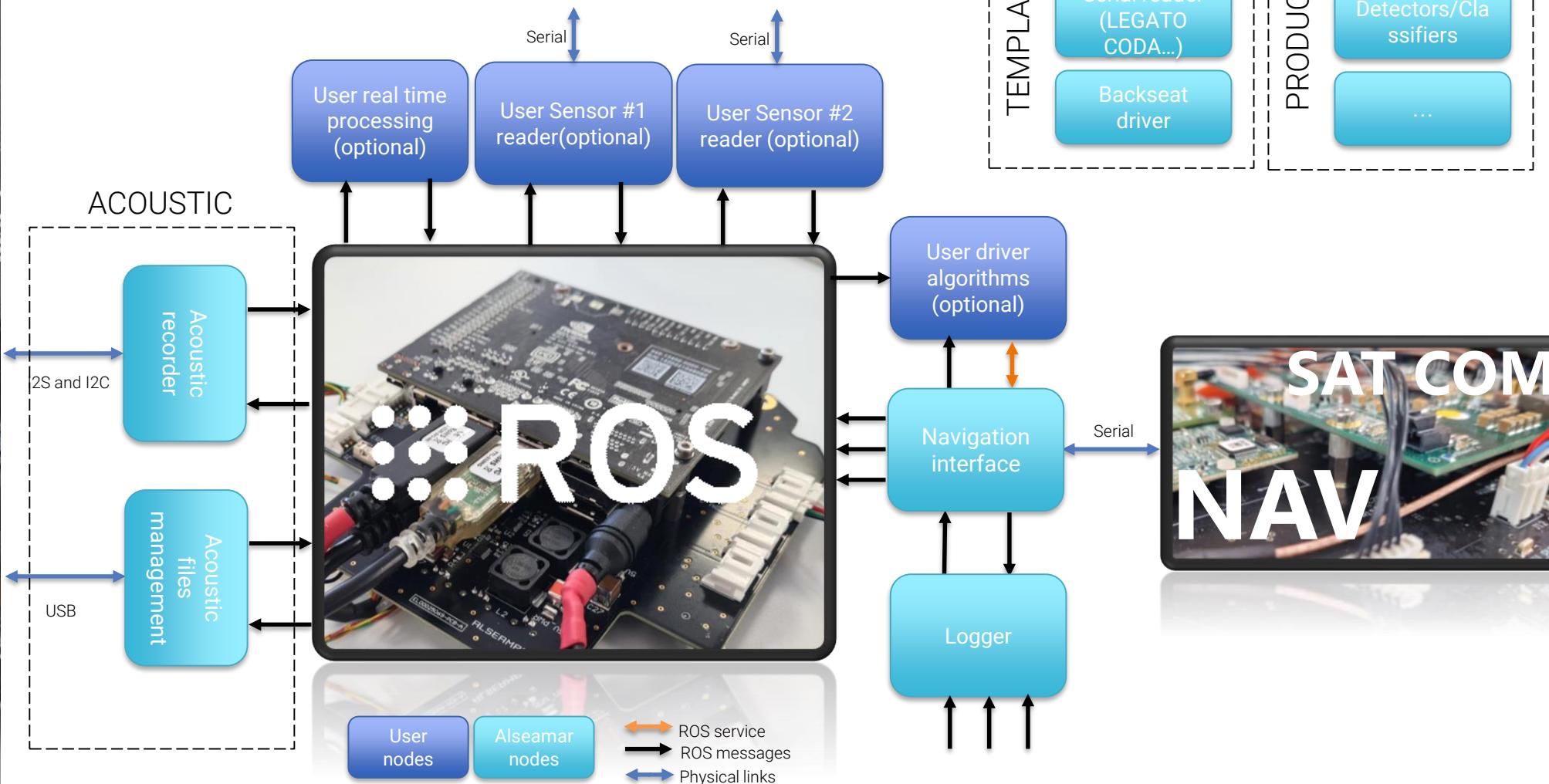


Ordinateur embarqué	Jetson Nano
AdC	TLV320ADC6140 Quad-Channel
Système d'exploitation	Ubuntu 18.04
Middleware	Robotic Operating System
Ethernet	1Gb/s sur la tape avant



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

■ Middleware ROS





ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Modules de traitement embarqué

- Nœuds ROS très simple à implémenter
 - Python/C++/Julia
 - Messages ROS interconnectent tout le système
- Enorme capacité de calcul
 - 4 CPU + 1 GPU
 - 4Go RAM (dont ~2Go dispo pour traitement)
 - Multiprocess
- Flexibilité de l'usage
 - Activation/désactivation recording&processing depuis le centre à terre
 - Multi langage



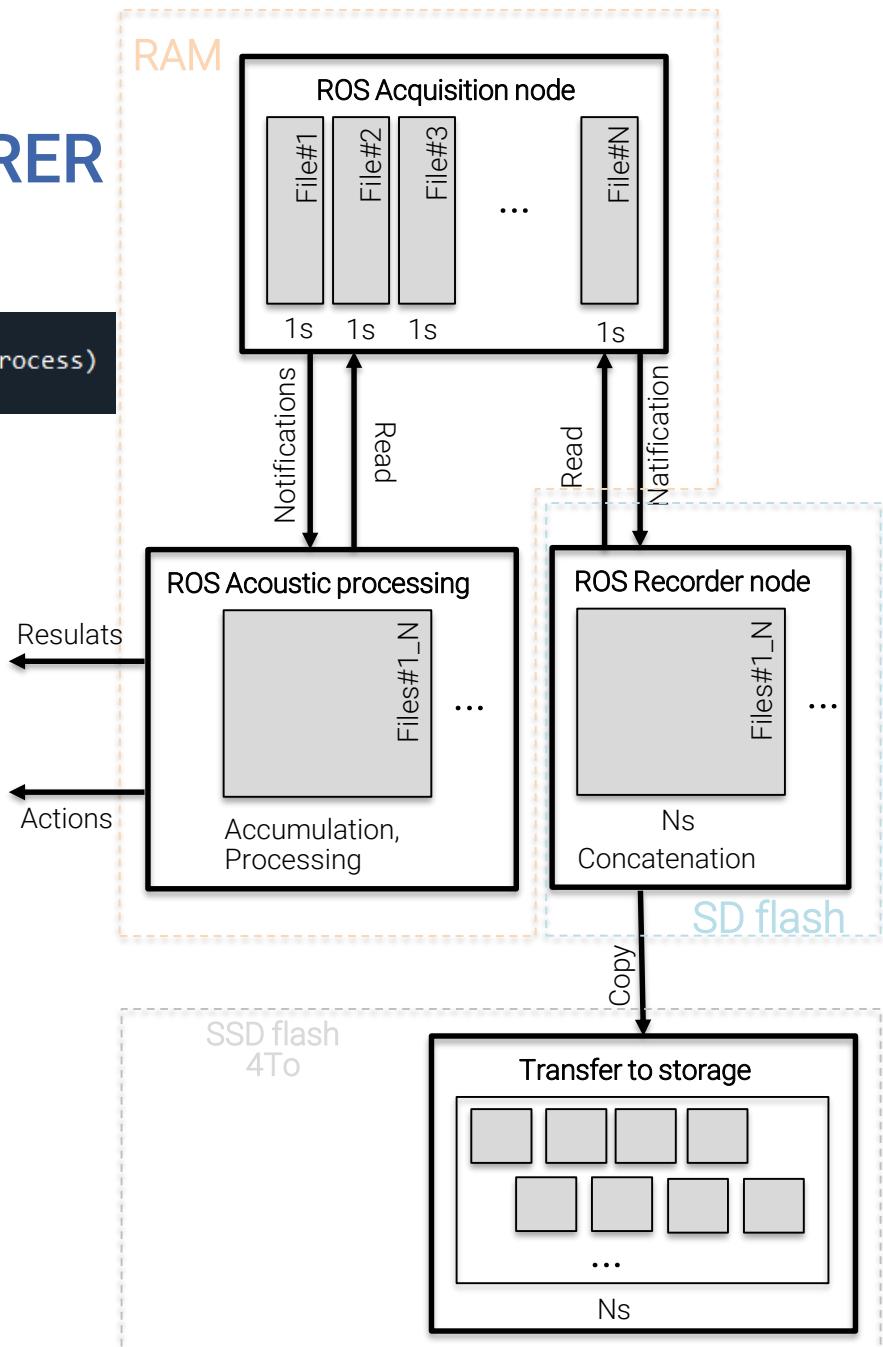
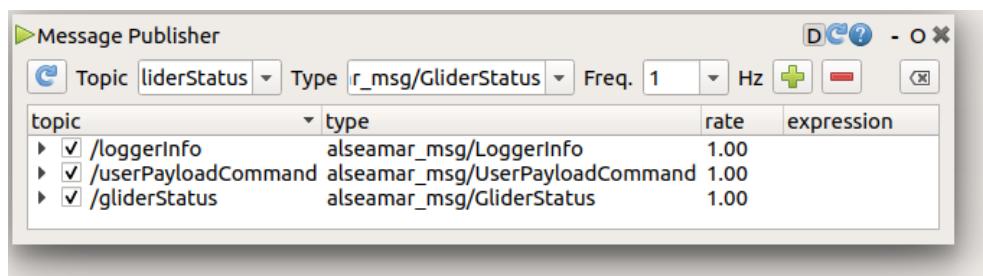
ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Modules de traitement embarqué

```
self.sub_filename = rospy.Subscriber("/file_ready", AcousticFile, self.process)
self.sub_command = rospy.Subscriber("/userPayloadCommand", UserPayloadCommand, self.activate_process)
self.pub_results = rospy.Publisher("/userData", UserData, latch=True, queue_size=10)
```

```
def process(self, msg):
    if msg.filename and self.activate == True:
        ...

    self.results.fields = ["User_Field2", "User_Field3", "User_Field4"]
    self.results.val = [output2, output3, output4]
    self.pub_results.publish(self.results)
```

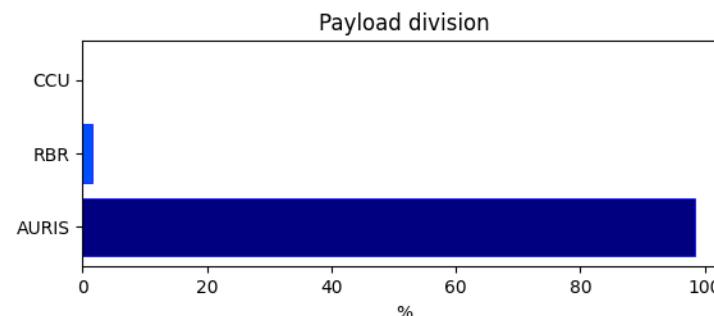
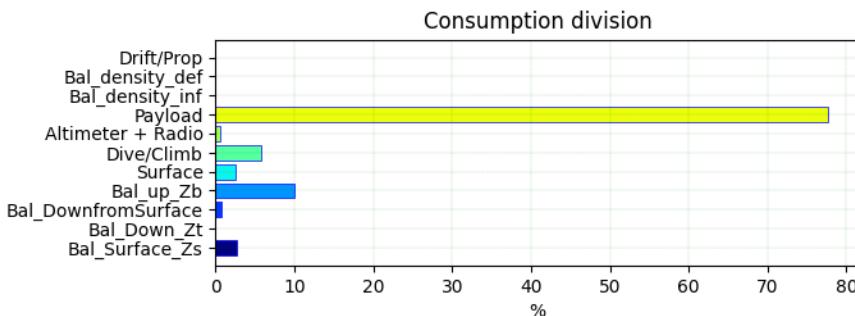




ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

AURIS performances

- Système qualifié pour 4 channels 192kHz 24bits + CTD Legato
 - Perte de données de l'ordre de grandeur de 1buffer / heure (quelques ms soit ~0,002%)
 - Bruit propre SS0 jusqu'à $f < ??$ kHz
 - Consommation ~3W (en amélioration continue)



Parameters in

Glider:SeaExplorer
Calc:Hydro model
Surface time (s):30
Pitch angle (°):20
Altimeter on:1
Radio on:0
Battery:pack 18650
Drift:No

Zb (m):1000
Zs (m):10
Sr:1
Zt (m):15
Bs (mL):500
Bu (mL):150
Bd (mL):-150
Surf ρ (kg.m⁻³):1028
Bot ρ (kg.m⁻³):1028

AURIS / 111 / 1 /
RBR / 111 / 1 / 0
/ / /
/ / /
/ / /

Parameters out

Time by Segment (h): 4.8
Distance by Segment (m): 4709
Energy by Segment (W.h): 18.6
Payload Energy by Segment (W.h): 14.0
Payload Total Consumption (%): 78

Glide angle (°): 22.9
AOA (°): 2.9
Xspeed relative to water (m/s): 0.280
Zspeed (m/s): 0.118

Estimated 15 % battery left

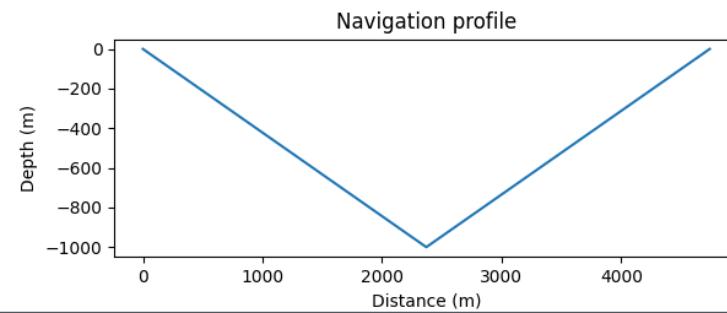
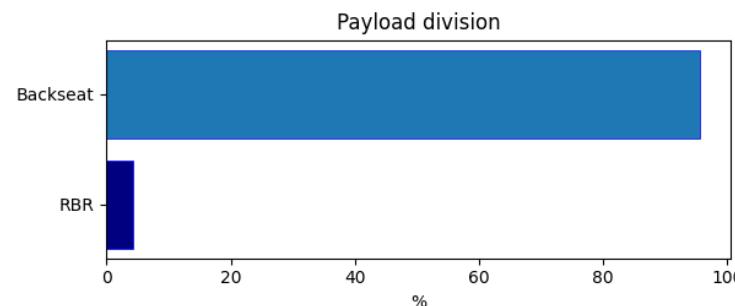
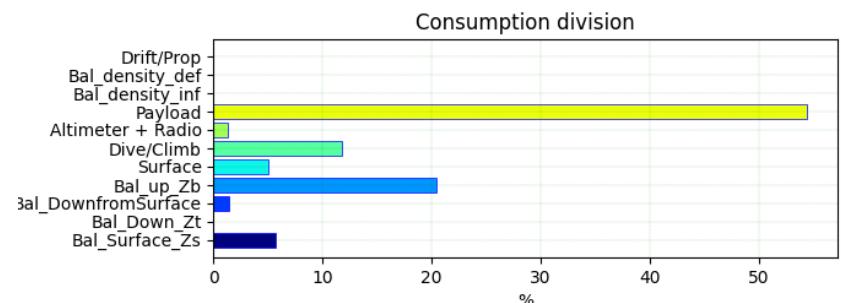
Double battery	286 cycles	57 days	1346km
18650	129 cycles	25 days	611km
18650BMSN	144 cycles	28 days	681km
Primary	244 cycles	48 days	1153km
Primary+pld	306 cycles	61 days	1441km



ACOUSTIQUE SUR SEAEXPLORER

Backseat performances

- Désactivation de 2 CPU + GPU
- Activation du backseat ROS service



Parameters in

Glider:SeaExplorer
Calc:Hydro model
Surface time (s):300
Pitch angle (°):20
Altimeter on:1
Radio on:0
Battery:pack 18650
Drift:No

Zb (m):1000
Zs (m):10
Sr:1
Zt (m):15
Bs (mL):500
Bu (mL):150
Bd (mL):-150
Surf ρ (kg.m⁻³):1028
Bot ρ (kg.m⁻³):1028

RBR / 111 / 1 / 0
/ / /
/ / /
/ / /

Parameters out

Time by Segment (h): 4.8
Distance by Segment (m): 4709
Energy by Segment (W.h): 9.1
Payload Energy by Segment (W.h): 5.0
Payload/Total Consumption (%): 54

Glide angle (°): 22.9
AOA (°): 2.9
Xspeed relative to water (m/s): 0.280
Zspeed (m/s): 0.118

Estimated 15 % battery left

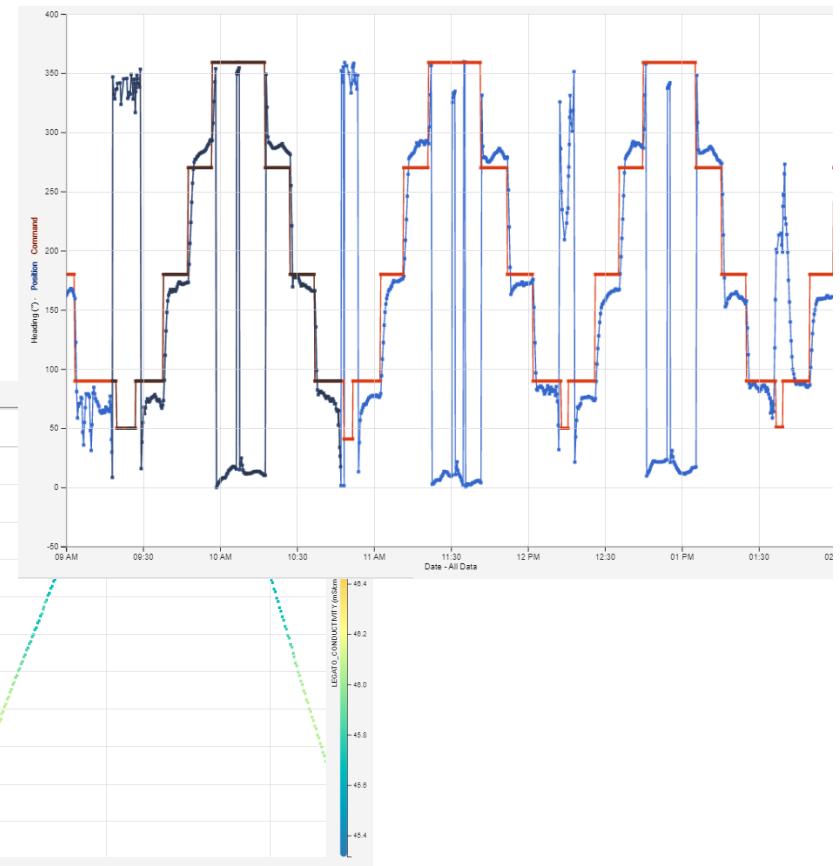
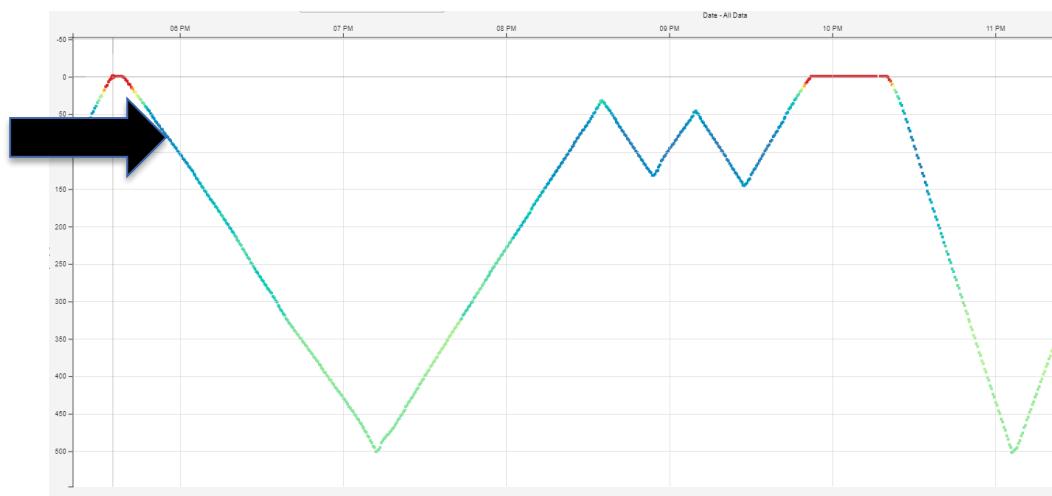
18650.....237 cycles.....47 days.....1117km
18650BMSN.....291 cycles.....58 days.....1374km
Primary.....500 cycles.....99 days.....2355km
Primary+pld.....625 cycles.....124 days.....2944km



BACKSEAT

Mission en mer

- Changement de cap
- Planner sur minimum de conductivité



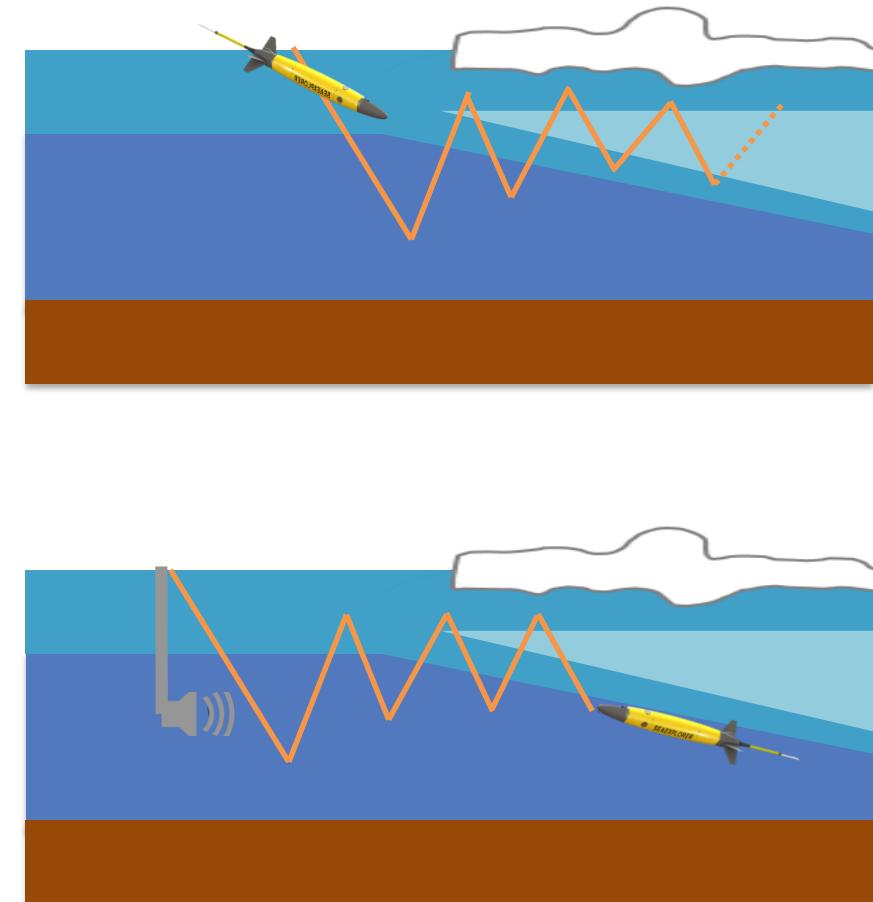
The limit is the user's imagination



BACKSEAT

Notre rêve backseat + acoustique

- The glider could follow certain gradient under ice, taking the decision automatically
- The glider could detect the ice above using an ADCP
- Using an under water acoustic source and beamforming algorithm the glider could home back to the ship
- The beacon could be pinging all the time and the glider could locate the source at all times to understand where is the escape



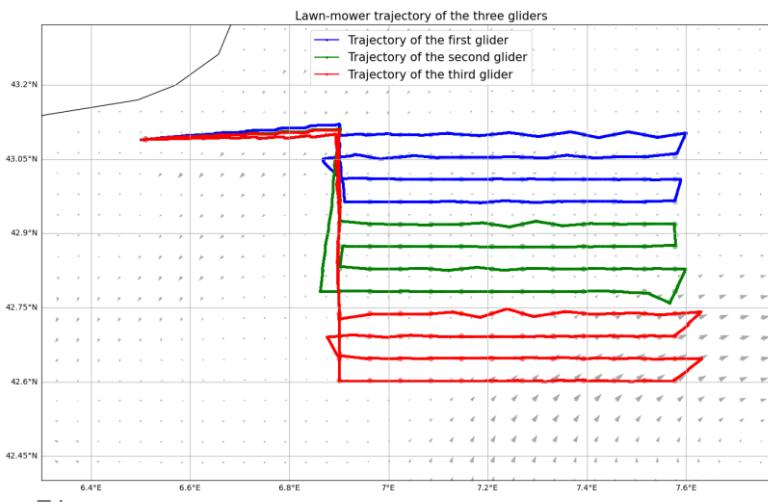
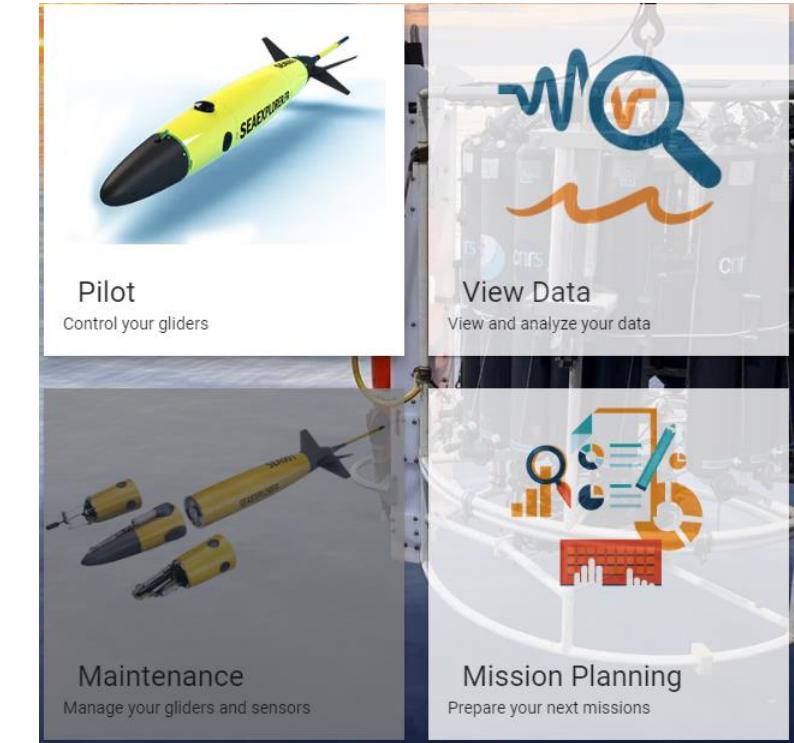


Gestion de flotte

Génération et simulation de plan de mission

Travaux de thèse de Aurélien Merci

- Optimisation:
 - Temps en mer
 - Couverture de zone
- Contraintes:
 - Données environnementales
 - Récupération synchronisée

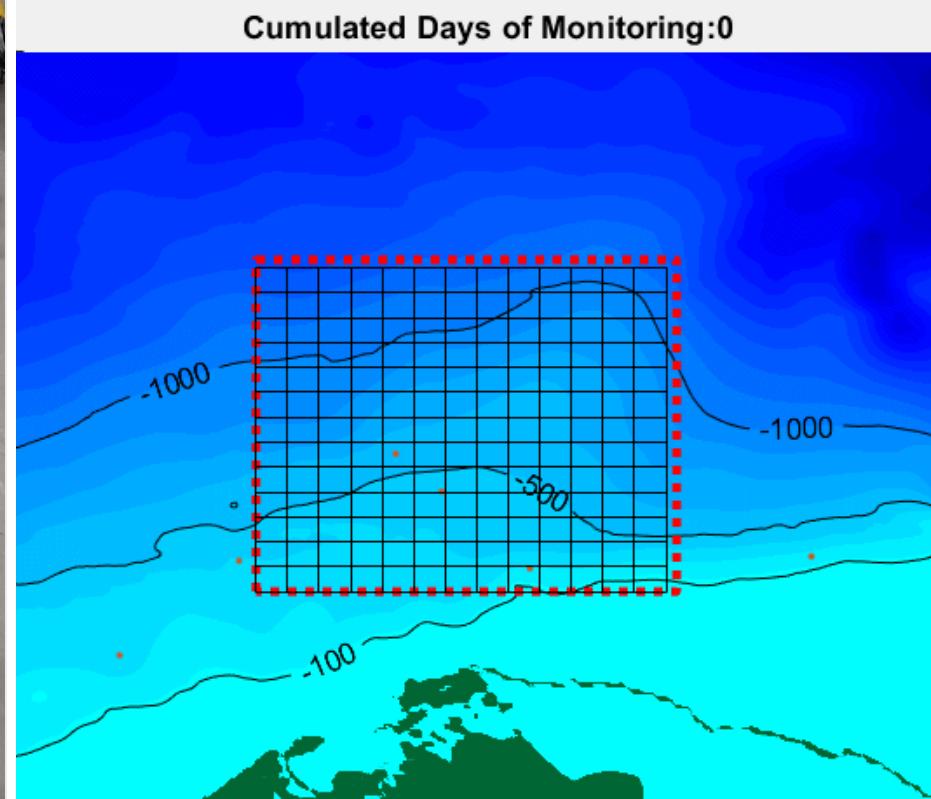




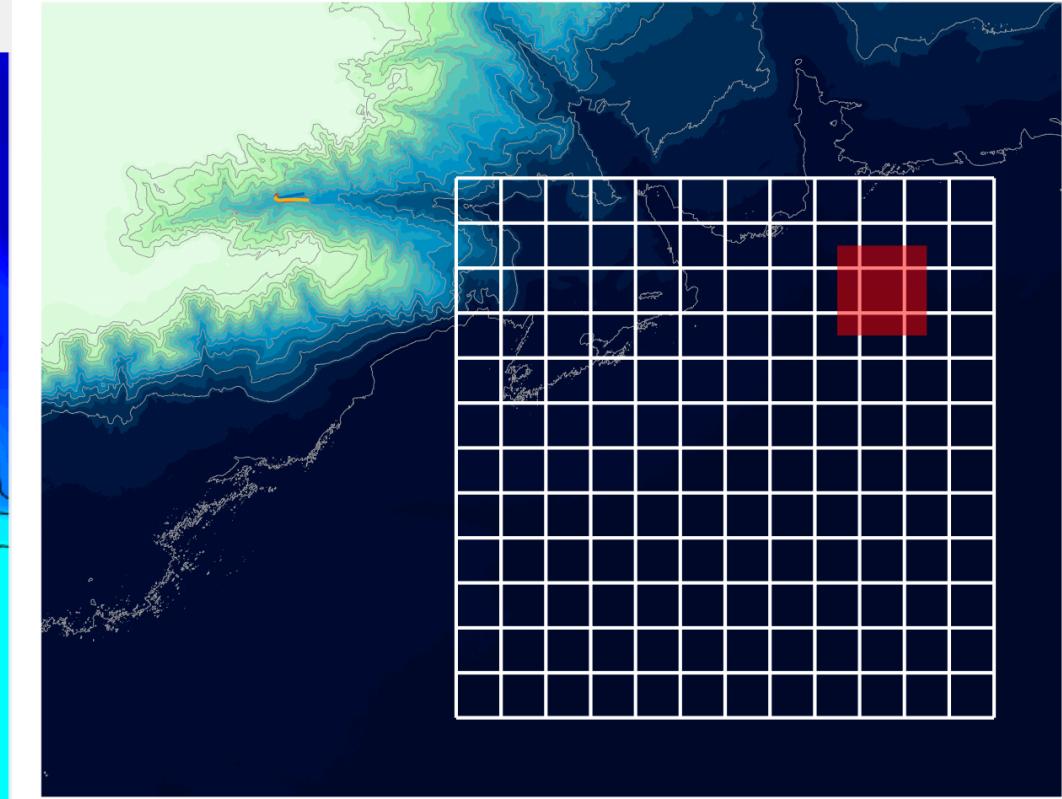
Gestion de flotte

Génération et simulation de plan de mission

Travaux de thèse de Aurélien Merci



Couverture de zone manuelle avec 2 planeurs dans le Golfe du Mexique en 2020



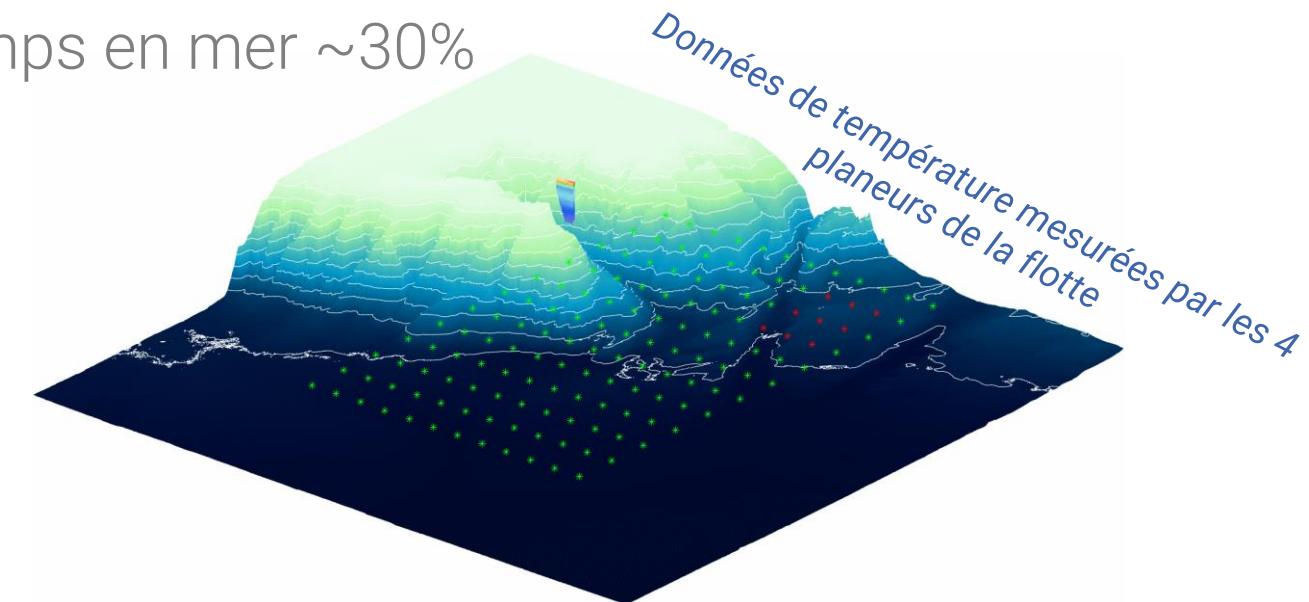
Couverture de zone automatisée avec 4 planeurs en mer Méditerranée en 2023



Gestion de flotte

Génération et simulation de plan de mission

- Gain de temps en mer ~30%



- Mise à jour automatique du plan de mission en fonction des variations environnementale rencontrées (prochain développement)

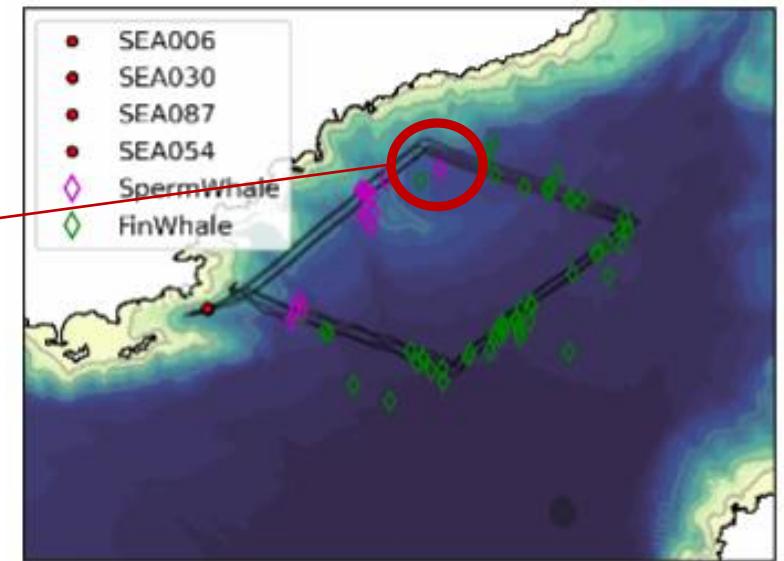
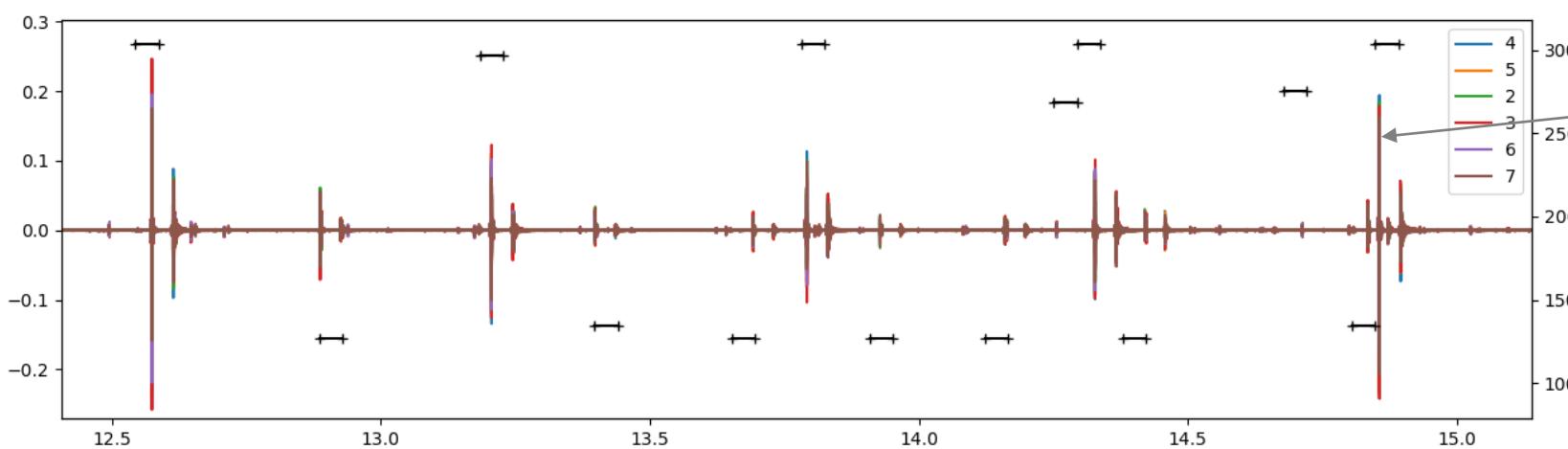
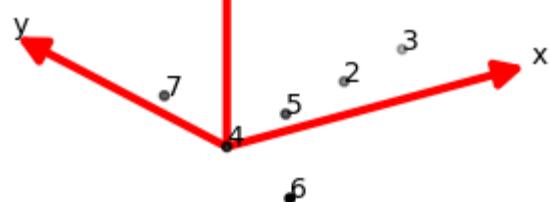
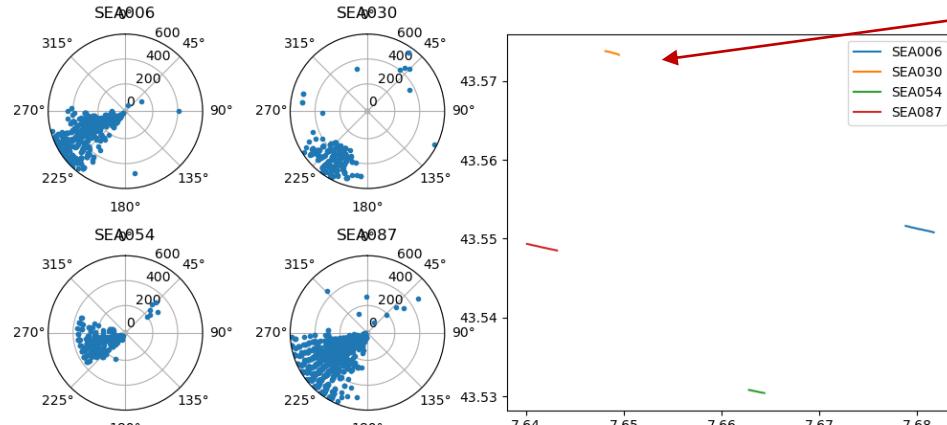


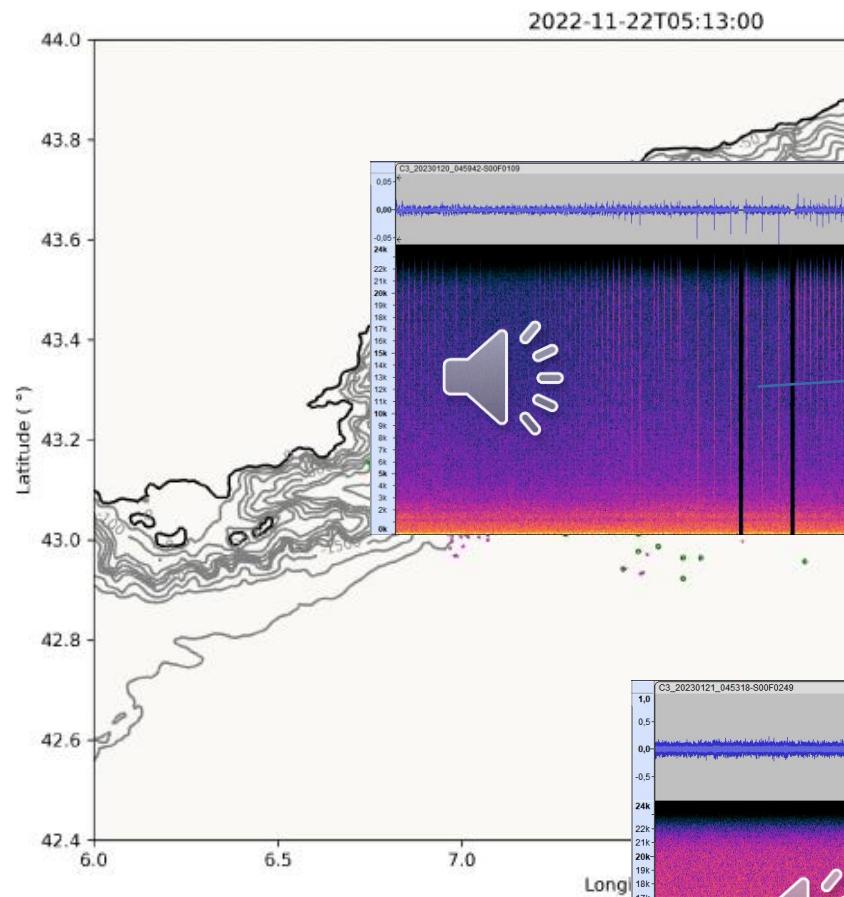
ALSEAMAR
ALCEN

innovation & services at sea



Localisation





26

